

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

⑫ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift

⑪ DE 3422 180 C2

= GB 2 141 364 A

② Aktenzeichen: P 34 22 180.8-52  
③ Anmeldetag: 14. 8. 84  
④ Offenlegungstag: 20. 12. 84  
⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 5. 4. 90

⑬ Int. Cl. B:  
G01 B 7/03  
B 23 Q 35/24  
G 08 C 17/00

DE 3422 180 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③④  
14.08.83 US 504068

③⑤ Patentinhaber:  
GTE Valente Corp. (n.d.Ges.d.Staates Delaware),  
Troy, Mich., US

③⑥ Vertreter:  
Schaumburg, K., Dipl.-Ing.; Thoenes, D., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München

③⑦ Erfinder:  
Cusack, Robert Frazier, Grosse Pointe, Mich., US

③⑧ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS 31 17 785  
DE-OS 29 27 525  
DD 1 57 277  
US 36 73 896

DE-Z: »Maschinenmarkt 88 (1982), H. 68,  
S. 1374-1377;

③⑨ Testsonde

DE 3422 180 C2

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Tastsonde nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 zum Einsatz in einem Bearbeitungszentrum.

Eine solche Tastsonde ist aus der Zeitschrift "Maschinenmarkt" 88 (1982) 68, Seite 1374 bis 1377 bekannt. Bei dieser Tastsonde ist eine Infrarot-Strahlungsquelle an einem radial verstellbaren Arm vorgesehen, der sich an einem optischen Tastermodul befindet. Dieser Arm ist in seiner radialen Stellung genau auf einen optischen Maschinenmodul ausgerichtet, der sich am hinteren Ende der Tastsonde dort befindet, wo die Tastsonde mit der Maschine verbunden ist. Bei diesem Meßprinzip handelt es sich um die Anwendung einer Infrarot-Signalübertragung zur Übertragung von Meßwerten von einem optischen Tastermodul zu einem optischen Maschinenmodul über eine relativ kurze Strecke, die einen genau vorgegebenen Verlauf haben muß und prinzipiell bezüglich des Tastkopfes nach rückwärts gerichtet ist. Dieses optische Übertragungssystem bedarf einer genauen Ausrichtung von Strahlungsquelle und -empfänger, denn die Tastsonde muß mit ihrem Abtastsignale übertragenden Teil einer stationären Kopplungseinrichtung genau gegenübergestellt werden. Um einen möglichst störungsfreien Strahlenweg bei möglichst unkritischer Befestigung der Tastsonde ohne erforderliche vorgegebene Drehstellung im Werkzeugfutter einer Werkzeugmaschine zu ermöglichen, müssen mehrere Strahlungsquellen am Umfang der Tastsonde verteilt sein. Der radial von der Tastsonde abstehende verstellbare Arm bewirkt bei schneller Drehung der Tastsonde im Revolverkopf eine Unwucht und hohe Biegemomente, da der Arm asymmetrisch an der Tastsonde angeordnet ist.

Eine andere Tastsonde ist aus der DD-PS 1 57 277 bekannt, bei welcher Strahlungsquelle und Empfänger mit geringem gegenseitigen Abstand an einem radial an der Tastsonde angeordneten Arm vorgesehen sind. Eine Signalübertragung über eine größere Strecke scheint mit dieser Tastsonde nicht möglich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Tastsonde zu schaffen, die relativ große Änderungen der Position des stationären Empfängers zuläßt, gleichzeitig aber die Zahl erforderlicher optischer Übertragungs- vorrichtungen möglichst gering hält.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Tastsonde mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Mittels der an der konischen Außenseite des mittleren Gebäuseteils angeordneten mehreren Infrarot-Strahlungsquellen ist zum einen eine umständliche Ausrichtung der Tastsonde überflüssig, zum anderen ist die abgegebene Strahlung nicht ausschließlich zur Seite, sondern auch nach vorn gerichtet. Dies macht eine Anordnung des stationären Strahlungsempfängers in einem großen Bereich möglich, der von mehreren Strahlungsquellen leicht erreicht werden kann. Die Anordnung mehrerer Strahlungsquellen auf der konischen Fläche führt deshalb dazu, daß der Empfängerstandort flexibler gewählt werden kann. Außerdem wird ein konstruktives Element im Sinne einer Doppelfunktion auch als Sitz für die Strahlungsquellen verwendet. Eine solche Strahlungsquellen-Anordnung ist deshalb auch mechanisch einfach zu realisieren.

Vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgegenstandes sind den Unteransprüchen 2 bis 5 zu entnehmen.

Ausführungsbeispiele des Erfindungsgegenstandes

werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine Übersicht für den Einsatz eines SONDENSYS-tems nach der Erfindung in einer automatischen Werkzeugmaschine,

Fig. 2 eine perspektivische Darstellung des Einsatzes einer Tastsonde mit einer Blitzeinschaltung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 3 eine perspektivische Darstellung des Einsatzes einer Tastsonde mit Berührungseinschaltung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 4 den Schnitt 4-4 nach Fig. 2 zur Darstellung der Sondenkonstruktion gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 5 den Schnitt 5-5 nach Fig. 4,

Fig. 6 eine perspektivische Explosionsdarstellung der Sonde nach Fig. 4,

Fig. 7 eine perspektivische Darstellung eines Blitzempfangskopfes gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 8 den Schnitt 8-8 nach Fig. 7,

Fig. 9 die Draufsicht auf eine Schaltungsplatine in dem Blitzempfangskopf nach Fig. 7,

Fig. 10 die elektrische Schaltung innerhalb des Blitzempfangskopfes,

Fig. 11 die elektrische Schaltung in einer Tastsonde nach der Erfindung, die mit Blitzeinschaltung arbeitet, und

Fig. 12 die elektrische Schaltung in einer Tastsonde nach der Erfindung, die mit Berührungseinschaltung arbeitet.

In Fig. 1 ist vereinfacht ein typisches Werkzeugmachinensystem dargestellt, bei dem die verschiedenen Aspekte der Erfindung Anwendung finden. Ein numerisch gesteuertes Drehzentrum 10 wird mit einer Steuerung 12 zum automatischen Drehen eines Werkstücks 14 gemäß einem vorgegebenen Programm gesteuert. Das Drehzentrum 10 enthält ein Spannfutter 16 mit Spannbacken 18 zum Halten eines Werkstücks 14. Auf einem Revolverkopf 20 sind mehrere Werkzeuge 22 bis 24 zur Bearbeitung des Innendurchmessers des Werkstücks 14 montiert. Innendrehwerkzeuge dieser Art haben einen länglichen Schaft, der im Revolverkopf 20 mit Adaptern 26 bis 28 gehalten wird. Eine Tastsonde 30 ist am Revolverkopf 20 in derselben Weise wie die Werkzeuge 22 bis 24 montiert. Sie wird also mit einem Adapter 32 gehalten, der gleichartig wie die Adapter 26 bis 28 ausgebildet ist.

Bekanntlich bewirkt die Steuerung 12 u. a. auch die Drehung des Revolverkopfes 20, um das jeweils erforderliche Werkzeug in die Arbeitsstellung zu bringen, und bewegt dann den Revolverkopf 20, bis das Werkzeug das Werkstück berührt und die vorgegebene Bearbeitung ausführt. Die Tastsonde 30 wird zur Überprüfung des Werkstücks 14 verwendet.

Hierbei ist es bekannt, daß eine Tastsonde ein Ausgangssignal erzeugt, wenn die Tastspitze eine Fläche des Werkstücks oder eines anderen Objekts berührt. Geeignete Auflösungsschaltungen, Digitalisierungsschaltungen o. ä. dienen zur Bereitstellung von Signalen für die Steuerung 12 zwecks Anzeige der Position der Tastsonde 30. Wenn das Signal der Tastsonde 30 den Kontakt mit dem Werkstück 14 anzeigt, so kann also die Steuerung 12 Nutzinformationen über die Werkstückabmessungen, seine geeignete Positionierung innerhalb des Spannfutters usw. ableiten.

Die Tastsonde 30 enthält ihre eigene Batterie zur Speisung ihrer Signalübertragungsschaltung. Batterien

haben allerdings eine begrenzte Lebensdauer. Diese sollte deshalb möglichst lang gehalten werden. Dies trifft besonders für kleinere Tastsonden zu, wie sie in Drehzentren eingesetzt werden. Solche Tastsonden können nur kleine Batterien aufnehmen, so daß hier die Energieeinsparung besonders wichtig ist.

Zwischen der Tastsonde 30 und einem Infrarotempfänger 40, wie z. B. einem Blitzempfangskopf, kann eine optische Zweiweg-Signalübertragung durchgeführt werden. Der Infrarotempfänger 40 ist mit der Steuerung 12 über eine Schnittstelle 42 verbunden. Wenn die Steuerung 12 die Tastsonde 30 für einen Tastvorgang einsetzt, so gibt sie über eine Leitung 44 ein Signal an die Schnittstelle 42 ab, die wiederum ein Steuersignal über eine Leitung 46 abgibt, durch das der Empfänger 40 ein vorgegebenes optisches Signal zur Tastsonde 30 überträgt. Dieses optische Signal ist im hier beschriebenen Ausführungsbeispiel ein Infrarotblitz hoher Intensität. Dieser wird mit einem Fotodetektor 48 in der Tastsonde 30 (Fig. 2) festgestellt. Der Infrarotblitz bewirkt, daß der Fotodetektor 48 die Batterie mit der Signalübertragungsschaltung verbindet. Vorzugsweise reagiert die Tastsonde 30 auf den Infrarotblitz durch Abgabe von Infrarotstrahlung mit vorgegebener Frequenz zurück zum Empfänger 40 mittels Infrarot-Strahlungsquellen 50 bis 54 wie z. B. Leuchtdioden. Diese Infrarotstrahlung wird mit dem Empfänger 40 aufgenommen, der wiederum ein Signal über die Schnittstelle 42 zur Steuerung 12 überträgt, welches anzeigt, daß die Tastsonde 30 richtig arbeitet und zur Durchführung einer Prüfung bereit ist.

Die Steuerung 12 bewirkt dann, daß der Revolverkopf 20 die Tastsonde 30 verschiebt, bis die Tastspitze 56 das Werkstück 14 berührt. Die Tastsonde 30 spricht auf diesen Kontakt durch Erzeugen eines Frequenzsprunges der Infrarotstrahlung der Strahlungsquellen 50 bis 54 an. Der Frequenzsprung wird von der Schnittstelle 42 festgestellt und eine entsprechende Meldung an die Steuerung 12 abgegeben. Der Prüfvorgang des Werkstücks wird dann wie vorgegeben fortgesetzt, wobei die Tastsonde 30 bei jedem Tastspitzenkontakt frequenzverschobene Infrarotstrahlung an den Infrarotempfänger 40 abgibt.

Die Tastsonde 30 enthält einen Zeitgeber, der die Batterie von der Signalübertragungsschaltung nach einer vorgegebenen Zeit abtrennt. Diese Zeit wird gestartet, wenn die Batterie anfangs mit der Signalübertragungsschaltung verbunden wird, und immer dann zurückgesetzt, wenn ein Tastspitzenkontakt am Werkstück erfolgt. Somit wird diese Zeit nach Ende des Prüfvorgangs gegebenenfalls ablaufen und die Batterie von der Signalübertragungsschaltung abgetrennt. Die Batterie wird also nur während des Sondenbetriebs belastet. Auf diese Weise wird in Betriebspausen der Tastsonde Energie eingespart und die Zeit bis um jeweils nächsten Batterieaustausch möglichst lang gehalten.

Fig. 3 zeigt eine andere Möglichkeit zur Verlängerung der Batterielebensdauer. In diesem Beispiel wird die Batterie erstmals mit der Signalübertragungsschaltung verbunden, wenn die Tastspitze 56 an eine vorbekannte Referenzfläche 60 anstößt. Die Referenzfläche 60 kann jeder feste Punkt innerhalb der Maschine 10 sein, dessen Position der Steuerung 12 bekannt ist. Der Sondenkontakt mit der Fläche 60 bewirkt eine Verbindung der Batterie mit der Signalübertragungsschaltung und die Strahlungsabgabe von den Infrarot-Strahlungsquellen 50 bis 54 zum Infrarotempfänger 40. Der Empfänger 40 ist wie der Empfänger 40 aufgebaut, benötigt

jedoch keine Blitzvorrichtung, so daß auch die Tastsonde 30 keinen Fotodetektor 48 benötigt. Ansonsten arbeiten beide Ausführungsbeispiele identisch. Nach dieser Einschaltung wird die Tastsonde 30 in die zur Prüfung des Werkstücks 14 erforderliche Position gebracht und überträgt dann frequenzverschobene Signale an den Empfänger 40 bei jedem Tastspitzenkontakt. Nach einer vorbestimmten Zeit nach dem letzten Tastspitzenkontakt wird die Batterie von der Signalübertragungsschaltung abgetrennt.

In Fig. 4 bis 6 ist die Konstruktion der Tastsonde 30 deutlicher dargestellt. Das Sondengehäuse hat einen konischen mittleren Gehäuseteil 70 und einen nach hinten ragenden Schaft in Form eines zylindrischen Teils 72 verringerten Durchmessers. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist der zylindrische Teil 72 hohl und hat eine Länge von etwa 11 cm und einen Außendurchmesser von etwa 3,6 cm.

Die Außenabmessungen des zylindrischen Teils 72 sind so gewählt, daß sie den Abmessungen der Schäfte der Werkzeuge 22 bis 24 entsprechen. Somit kann die Tastsonde 30 anstelle eines Werkzeugs in den Revolverkopf 20 bzw. in den Adapter 32 eingesetzt werden. Wie Fig. 4 zeigt, erfolgt dies durch Einschieben des zylindrischen Teils 72 in die Tasche 74 des Adapters 32, bis die Rückwand 76 des Gehäuseteils 70 an die Frontseite 78 des Adapters 32 anschlägt. Dadurch wird gewährleistet, daß die Tastspitze 56 einen bestimmten Abstand vom Revolverkopf 20 hat. Die Steuerung 12 kann dann unter genauem Bezug auf diese Position der Tastspitze 56 beim Prüfvorgang arbeiten. Natürlich können zur Positionierung der Tastspitze 56 an einer vorgegebenen Stelle auch andere Mittel vorgesehen sein. Beispielsweise verwenden einige Werkzeugmaschinen Systeme eine Einstellschraube (nicht dargestellt) oder andere Mittel am hinteren Ende der Tasche 74 zur Einstellung des Tastspitzenabstandes.

Der zylindrische Teil 72 erfüllt vorteilhaft den doppelten Zweck der Aufnahme der Batterien sowie des leicht zu befestigenden Montageelements. Die länglich zylindrische Form des Teils 72 ermöglicht den Einsatz von Stabbatterien mit langer Lebensdauer zur Speisung der Signalübertragungsschaltung. Vorzugsweise werden zwei Lithiumbatterien 80, 82, sogenannte C-Zellen, verwendet. Die Möglichkeit des Einsatzes von Stabbatterien anstelle kleinerer Batterien, wie Knopfzellen oder Scheibenzellen, ermöglicht eine außerordentlich lange Betriebszeit der Tastsonde bei niedrigen Kosten.

Die Batterien 80, 82 werden in das Innere des zylindrischen Teils 72 eingeschoben. Eine mit einer Feder 86 versehene Kappe 84 wird dann auf das Ende des Teils 72 aufgeschraubt, so daß die Feder 86 den positiven Pol 88 gegen eine Platte 90 drückt. Die Unterseite der Platte 90 ist mit einer kreisrunden elektrisch leitfähigen Schicht 92 versehen. Die Platte 90 ist mit Schrauben 96 in einer Vertiefung 94 der Innenfläche der Wand 96 befestigt. Eine isolierte Leitung 98 ist an die elektrisch leitfähige Schicht 92 angeschlossen und durch ein Loch in der Platte 90 hindurchgeführt. Das andere Ende der Leitung 98 ist mit einer elektrischen Schaltung 100, z. B. einer Schaltungsplatine, verbunden, die die Sonden-schaltung trägt. Diese Schaltung wird im folgenden noch eingehend beschrieben. Die Schaltungsplatine ist kreisrund und trägt die elektrischen Bauelemente auf ihren beiden Seiten. Sie ist in dem Innenraum des mittleren Gehäuseteils 70 mit Befestigungselementen 102 gehalten, die durch Abstandselemente 104 hindurchgeführt sind. Die Schaltungsplatine hat auch eine zentrale Öffnung 106,

durch die hindurch verschiedene Leitungen geführt sind, die an ihre verschiedenen Teile angeschlossen sind.

Der Fotodetektor 48 und die ihm zugeordneten Elemente sind an der äußeren schrägen Fläche 110 des mittleren Gehäuseteils 70 befestigt. Der Fotodetektor 48 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel eine PIN-Diode. Der Fotodetektor 48 sitzt in einer Senkbohrung und wird mit einer Abdeckung 112 gehalten, in der ein Fenster vorgesehen ist. Zwischen der Abdeckung 112 und dem Fotodetektor 48 sind Schichten aus transparentem Kunststoff 114, eine Infrarot-Filterschicht 116 und ein O-Ring 118 vorgesehen. Befestigungselemente 120 halten diese Elemente als Einheit in der Senkbohrung fest. Die Leitungen des Fotodetektors 48 sind durch die Öffnung 106 geführt und mit entsprechenden Punkten auf der Schaltungsplatine verbunden.

Die Infrarot-Strahlungsquellen 50 bis 54 sind nahe dem Fotodetektor 48 befestigt. Sie sind so bemessen, daß sie optische Signale im Infrarotbereich abgeben, d. h. solches Licht, daß normalerweise für das menschliche Auge nicht sichtbar ist. Die Anordnung der Leuchtdioden (Strahlungsquellen 50 bis 54) und des Fotodetektors 48 führt in Verbindung mit der Konfiguration der konisch verlaufenden Gehäusefläche zu mehreren wichtigen Vorteilen. Beispielsweise wird die von den Leuchtdioden abgegebene Infrarotstrahlung infolge der Anordnung auf der schrägen Fläche 110 unter solchen Winkeln ausgehend vom Revolverkopf 20 abgegeben, daß sie leicht vom Empfängerkopf 40 an verschiedenen Stellen aufgenommen werden kann. Die Sondenkonstruktion ermöglicht eine Drehung der Sonde in eine solche Stellung, daß die Strahlungsquellen 50 bis 54 und der Fotodetektor 48 allgemein auf den Infrarotempfänger 40 ausgerichtet sind. Somit ist es nicht erforderlich, den Empfängerkopf 40 in einer absoluten räumlichen Position relativ zur Tastsonde 30 zu montieren, so daß dieses System einen vielseitigen Einsatz in unterschiedlichsten Werkzeugmaschinen ermöglicht. Eine zuverlässige optische Verbindung zwischen der Tastsonde 30 und dem Empfängerkopf 40 ist dabei mit einer minimalen Anzahl von Leuchtdioden an der Tastsonde 30 verbunden. Durch diese minimale Anzahl wird wiederum eine minimale Belastung der Batterien gewährleistet, wodurch deren Lebensdauer weiter verlängert wird.

Die Wand 76 des mittleren Gehäuseteils 70 ist an diesem mit Befestigungselementen 122 gehalten. O-Ringe, wie der Ring 124, dienen zur Abdichtung des Innenraums der Tastsonde 30 gegenüber den schädlichen Umweltbedingungen, denen die Tastsonde 30 in einem Werkzeugmaschinensystem ausgesetzt sein kann.

Eine ringförmige Nase 130 ist mit einem Gewindevorsprung 132 versehen, der in eine Gewindebohrung 134 an der Vorderseite des mittleren Gehäuseteils 70 eingeschraubt ist. Ein O-Ring 136 dient auch hier zur Abdichtung. Die Nase 130 kann unterschiedliche Längen haben, um den relativen Abstand der Tastspitze 56 je nach Erfordernis zu erhöhen oder zu verringern. Durch die Schraubverbindung an dem mittleren Gehäuseteil 70 können mehrere derartige Nasen gegeneinander ausgetauscht werden.

Eine Schaltereinheit 140 ist auswechselbar an der Nase 130 befestigt. Die Schaltereinheit 140 hat einen mit einer Umfangsnut versehenen Vorsprung 142, der einen O-Ring 144 trägt, welcher in den Innenkanal 146 der Nase 130 eingepreßt ist. Eine oder mehrere Stellschrauben 148 sind quer durch die Nase 130 geführt und verklemmen die Schaltereinheit 140. Die Schaltereinheit 140 kann unterschiedlichste Konstruktion haben. Sie be-

tätigt einen oder mehrere elektrische Kontakte, wenn die Tastspitze 56 aus ihrer Ruhestellung bewegt wird. Dem Fachmann sind solche Konstruktionen bekannt. Eine mögliche Ausführungsform verwendet eine Platte als Schalterelement, auf der drei Kugelkontakte mit untereinander gleichem Abstand angeordnet sind. Die Platte steht unter Federbelastung, so daß die Kugeln normalerweise gegen drei elektrisch leitfähige Einsätze gedrückt werden. Jedes derartige Kontaktpaar dient als Schalter S1 bis S3, die miteinander in Reihe geschaltet sind. Die Schalterplatte ist mit der Tastspitze 56 verbunden. Bei jeder Bewegung der Tastspitze 56 wird die Schalterplatte gekippt und hebt einen der Kugelkontakte aus dem ihm zugeordneten Einsatz ab, so daß ihre elektrische Verbindung unterbrochen wird.

Die drei Schalter in der Schaltereinheit 140 sind mit der elektrischen Schaltung 100 auf der Schaltungsplatine über eine elektrische Leitung 150 verbunden. Das andere Ende der Leitung 150 trägt einen Miniatur-Koaxialstecker 152 oder einen anderen geeigneten Stecker, der mit einem entsprechenden Gegenelement am Ende der Schaltereinheit 140 verbunden ist. Solche Steckereinheiten sind bekanntlich sehr empfindlich und müssen manchmal ausgewechselt werden. Die Sondenkonstruktion ermöglicht ein schnelles und leichtes Auswechseln.

Für die Tastsonde 30 können verschiedene Tastspitzen verwendet werden. Anstelle einer geraden Tastspitze 56, wie sie in den Figuren dargestellt ist, kann auch eine solche verwendet werden, deren Ende gegenüber der Längsachse der Tastsonde 30 versetzt ist. Die verschiedenen möglichen Tastspitzen können an der Schaltereinheit 140 ausgewechselt und an ihr beispielsweise mit Klemmschrauben befestigt werden.

Die mechanischen Einzelheiten des Blitzempfängerkopfes (Infrarotempfänger 40) sind in Fig. 7 bis 9 dargestellt. Der Empfänger 40 hat einen rechteckförmigen Behälter 160 mit einer Öffnung 162 an einer Vorderseite 164. Eine oder mehrere Schaltungsplatten 166 sind in dem Behälter 160 angeordnet. Die Schaltungsplatte 166 enthält mehrere elektrische Bauelemente zur Verwirklichung der noch zu beschreibenden Funktionen. Zwei der wichtigsten Komponenten sind in Fig. 7 bis 9 dargestellt. Es handelt sich um eine Xenonblitzlampe 168 und einen Fotodetektor 170. Wie bereits erwähnt, besteht der Zweck der Blitzlampe 168 darin, einen Lichtimpuls hoher Intensität und kurzer Dauer zur Einschaltung der Tastsonde zu erzeugen. Vorzugsweise wird Xenon verwendet, da es Licht mit einem hohen Anteil infraroter Strahlung erzeugt. Sie erzeugt einen Lichtimpuls von etwa 50 Mikrosekunden Dauer und einer Intensität von 100 Wattsekunden. Andere geeignete Lichtquellen können natürlich gleichfalls verwendet werden.

Obwohl nicht unbedingt erforderlich, wird das sichtbare Licht der Blitzlampe 168 vorzugsweise ausgesondert, so daß es die Bedienungsperson in der Umgebung der Werkzeugmaschine 10 nicht stört. Zu diesem Zweck ist ein Infrarotfilter 172 über der Öffnung 162 vorgesehen. Das Infrarotfilter 172 dient zur Aussonderung sichtbaren Lichtes, läßt jedoch Infrarotstrahlung der Blitzlampe 168 durch.

Der Zweck des Fotodetektors 170 besteht darin, Infrarotstrahlung zu empfangen, die von der Tastsonde 30 abgegeben wird. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Fotodetektor 170 eine PIN-Diode und arbeitet ähnlich wie der Fotodetektor 48 der Tastsonde 30. Eine Konvexlinse 174 ist vorteilhaft in der Öffnung 162 angeord-

net und konzentriert die Infrarotstrahlung der Tastsonde 30 auf den Fotodetektor 170, der im Brennpunkt der Linse 174 angeordnet ist. Der Infrarotempfänger 40 ist ferner mit einer transparenten Abdeckplatte 176 versehen. Diese deckt die Öffnung 162 ab und ist an der Vorderseite 164 unter Zwischenlage einer Dichtung 178 befestigt.

Fig. 10 zeigt die in dem Blitzempfängskopf (Empfänger 40) verwendete elektrische Schaltung. Wie bereits ausgeführt, ist der Empfänger 40 mit der Schnittstelle 42 über eine oder mehrere Leitungen 46 verbunden.

Ein Wechselstromsignal mit einer Spannung von 26 Volt wird der Primärwicklung eines Aufwärtstransformators T1 zugeführt. Die von diesem gelieferte Energie wird in Kondensatoren C8 und C9 gespeichert, die wiederum an den positiven und den negativen Anschluß der Xenonblitzlampe 168 angeschlossen sind. Die Kondensatoren C8 und C9 führen bei voller Aufladung eine Gleichspannung von 250 bis 300 Volt.

Damit die Blitzlampe 168 zündet, gibt die Steuerung 12 über die Schnittstelle 42 ein entsprechendes Signal auf die Leitungen STEUERUNG, wodurch eine Leuchtdiode 171 Licht abgibt. Die Leuchtdiode 171 ist Teil eines Optokopplers, der einen gesteuerten Siliciumgleichrichter (SCR) 173 enthält. Dieser ist mit der Primärwicklung eines Transformators T2 und mit einem Kondensator C10 in Reihe geschaltet. Der Kondensator C10 wird wie die Kondensatoren C8 und C9 vom Transformator T1 her aufgeladen. Wenn die Leuchtdiode 171 aktiviert ist, wird der Gleichrichter 173 leitend und verringert die Ladung des Kondensators C10 an der Primärwicklung des Transformators T2. Diese Ladung wird von dem Transformator T2 auf etwa 4000 Volt an der Sekundärwicklung umgesetzt, die mit der Zündelektrode 175 der Blitzlampe 168 verbunden ist. Die Zündelektrode 175 ist kapazitiv mit der Blitzlampe 168 gekoppelt, und ihre Hochspannung bewirkt eine Ionisierung des Gases in der Lampe. Das ionisierte Gas ist soweit leitfähig, daß es eine Entladung der Energie der Kondensatoren C8 und C9 zwischen der positiven und der negativen Elektrode ermöglicht, so daß ein sehr starker Blitz kurzer Dauer erzeugt wird. Nach Zündung der Blitzlampe 168 laden sich die Kondensatoren C8 und C9 wieder auf, bis ein weiteres Steuersignal von der Schnittstelle 42 abgegeben wird.

Die Tastsonde 30 spricht auf den Blitz durch Abgabe eines Infrarotsignals an, welches von dem Fotodetektor 170 im Infrarotempfänger 40 aufgenommen wird. Der Fotodetektor 170 ist mit einem abgestimmten Schwingkreis mit einer Induktivität L1 und einer Kapazität C2 verbunden. Die Tastsonde 30 erzeugt beispielsweise Infrarotstrahlung in Form von Impulsen mit einer Frequenz von ca. 150 kHz, bis die Tastspitze 56 ein Objekt berührt. Zu diesem Zeitpunkt wird die Frequenz der Infrarotimpulse auf etwa 138 kHz verschoben. Der Schwingkreis im Empfänger 40 ist etwa auf die Mitte dieser beiden Frequenzen abgestimmt, so daß beide Frequenzen anwertbar sind. Externe Frequenzen außerhalb einer vorbestimmten Bandbreite werden auf diese Weise ausgeschlossen.

Die übrige Schaltung nach Fig. 10 dient zur Verstärkung des von der Tastsonde 30 abgegebenen und empfangenen Signals, welches über die Leitung AUSGANG der Schnittstelle 42 zugeführt wird. Die Verstärkerschaltung enthält einen Feldeffekttransistor Q1, dessen hoher Eingangswiderstand demjenigen des Schwingkreises angepaßt ist, so daß Belastungsprobleme vermieden werden. Der Transistor Q2 verstärkt zusammen

mit dem Transistor Q1 das empfangene Signal und führt es einem Emitterfolger mit einem Transistor Q3 zu. Das verstärkte Signal wird der Schnittstelle 42 über einen Gleichstrom-Entkopplungskondensator C6 und einen Widerstand R7 zugeführt, der mit dem Emitter des Transistors Q3 verbunden ist.

Die Schnittstelle 42 enthält eine Schaltung, die die ausgewählte SONDENSIGNALFrequenzen feststellt und entsprechende Ausgangssignale an die Steuerung 12 abgibt. Ein erstes Signal zeigt an, daß die Tastsonde richtig arbeitet, ein zweites Signal zeigt einen Kontakt mit der Tastspitze an. Eine geeignete Schaltung zur Auswertung von Signalen mit Frequenzsprüngen ist an sich bekannt. Sie kann mit einer phasenstarrten Regelschleife arbeiten, um die Frequenzumtastung auszuwerten, und schaltet dann bei Feststellung der vorbestimmten Frequenzen entsprechende Relais ein. Andere Verfahren zur Auswertung der SONDENSIGNALE sind gleichfalls anwendbar.

Fig. 11 zeigt die elektrische Schaltung innerhalb der Tastsonde 30. Ein PNP-Transistor Q10 arbeitet als Schalter und verbindet wahlweise die Batterien 80, 82 mit der Schaltung, die die Abgabe von Infrarotstrahlung mit den Leuchtdioden 50 bis 54 steuert. Der Transistor Q10 ist im Ruhezustand gesperrt, so daß die Batterien 80, 82 dann nicht belastet werden. Wenn jedoch der Infrarotempfänger 40 seinen Infrarotblitz abgibt, so leitet der Fotodetektor 48 Strom für die Dauer des Blitzes über eine Induktivität L10.

Die sehr schnelle Anstiegszeit des Lichtimpulses der Xenonblitzlampe führt zu einem Signal, das leicht von anderen Lichtquellen im Bereich der Maschine unterschieden werden kann. Das Infrarotfilter am Empfänger 40 sperrt den größten Teil des sichtbaren Spektrums, so daß der Blitz nicht gesehen wird und in der Nähe befindliche Personen nicht stört. Wenn der steil ansteigende Lichtimpuls den Fotodetektor 48 erreicht, wird er in einen elektrischen Impuls an der Induktivität L10 umgesetzt. Die Induktivität L10 dient als Hochpaßfilter und scheidet niederfrequente Lichtimpulse aus, wie sie beispielsweise durch fluoreszierendes Licht im Arbeitsbereich erzeugt werden können.

Der Stromanstieg im Fotodetektor 48 während des Blitzes erzeugt einen Induktionsvorgang in der Induktivität L10. Diese Erscheinung ist eine gedämpfte Schwingung, die eine Dauer von etwa 500 Mikrosekunden hat und durch den Lichtimpuls von ca. 50 Mikrosekunden ausgelöst wird. Die Schwingungen der Induktivität L10 werden mit einem invertierenden Verstärker 200 verstärkt und invertiert. Der Ausgang dieses Verstärkers 200 ist mit der Basis des Transistors Q10 verbunden. Der vorübergehende Schwingvorgang der Induktivität L10 erzeugt eine Durchlaßspannung an dem Basis-Emitterübergang des Transistors Q10, so daß dieser leitend wird. Dadurch werden die Batterien 80, 82 mit den Anschlüssen +V der Schaltung verbunden. Wenn auf diese Weise der Oszillator 202 gespeist wird, so liefert er Impulse an einen als Zeitschaltung arbeitenden Zähler 204. Der Zähler 204 wird zum Start seiner Zeit rückgesetzt, wenn der Blitz des Empfängers 40 eintrifft. Dies erfolgt über einen Inverter 206, der das Ausgangssignal des Verstärkers 202 zu einem positiven Signal umsetzt, welches entsprechend der Zeitkonstante eines Kondensators C20 in Verbindung mit einem Widerstand R20 impulsartig geformt ist. Dieser Impuls wird dem Rücksetzeingang des Zählers 204 über ein ODER-Glied 208 zugeführt. Der Zähler 204 wird also immer dann rückgesetzt, wenn die Tastspitze 56 ein

Objekt berührt und dadurch einer der Schalter S1 bis S3 geöffnet wird.

Der Zähler 204 ist so aufgebaut, daß er ein logisches UNTEN-Signal an seinem Ausgang 210 abgibt, solange er zählt, d. h. nicht abgelaufen ist. Das logische UNTEN-Signal auf der Leitung 210 wird mit einem Inverter 212 invertiert, der wiederum über eine Diode D20 mit dem Eingang des Verstärkers 200 verbunden ist. Dadurch wird das Ausgangssignal des Verstärkers 200 auf einem UNTEN-Zustand gehalten, wodurch der Transistor Q10 leitfähig bleibt und die Batterien 80, 82 mit der Schaltung verbunden bleiben, bis der Zähler 204 abgelaufen ist. Die dazu erforderliche Zeit ist so lang bemessen, daß die Steuerung 12 den Prüfvorgang mit einer das Werkstück berührenden Tastspitze einleiten kann. Allgemein reicht hierzu eine Zeit von einigen Minuten aus. Die Zeit des Zählers 204 kann mit einem Potentiometer P20 eingestellt werden, welches die Frequenz eines Oszillators 202 bestimmt. Eine höhere Frequenz bewirkt einen schnelleren Zählvorgang des Zählers 204 und somit einen früheren Zeitablauf und umgekehrt. Die Erzeugung verschiedener Verzögerungszeiten ist an sich bekannt.

Ein Trägeroszillator 220 und ein Teiler 222 bestimmen die Frequenz, mit der die Leuchtdioden (Infrarot-Strahlungsquellen 50 bis 54) ihre Infrarotstrahlung an den Infrarotempfänger 40 abgeben. Der Oszillator 220 wird durch einen Schwingquarz 224 vorgegebener Frequenz als Taktgenerator gesteuert. Der Oszillator 220 gibt Schwingungen einer solchen Form ab, daß sie sich als Taktimpulse für den Teiler 222 eignen, der als üblicher Digitalteiler arbeitet. Er dient auch zum Verschieben der Frequenz der von den Leuchtdioden abgegebenen Strahlung, wenn die Tastspitze ein Objekt berührt. Im beschriebenen Ausführungsbeispiel teilt der Teiler 222 Impulse mit einer Frequenz von 1,8 MHz des Trägeroszillators 222 mit dem Faktor 12, wodurch an seinem Ausgang eine Frequenz von etwa 150 kHz auftritt. Der Ausgang des Teilers 222 ist mit einem Treibertransistor Q12 oder einer anderen geeigneten Schaltung zur Ansteuerung der Leuchtdioden mit der entsprechenden Frequenz verbunden. Wenn der Empfänger 40 die Blitzeinschaltungsfolge einleitet, so reagiert die Tastsonde 30 darauf durch Übertragung von Infrarotstrahlung einer vorgegebenen Frequenz. Diese Strahlung wird mit dem Fotodetektor 170 im Empfänger 40 empfangen, der wiederum ein entsprechendes Signal für die Steuerung 12 abgibt, welches anzeigt, daß die Tastsonde 30 richtig arbeitet und zur Einleitung einer Prüfsequenz bereit ist. Spricht die Tastsonde 30 nicht in dieser Weise an, so können geeignete Fehlerbeseitigungsmaßnahmen eingeleitet werden.

Wenn die Tastspitze 56 ein Objekt berührt, wird einer der drei Schalter S1 bis S3 in der Schaltereinheit 140 der Tastsonde 30 geöffnet. Das Öffnen eines der Schalter S1 bis S3 hat eine doppelte Wirkung. Zunächst wird der Zähler 204 auf den Startpunkt seiner Zählzeit rückgesetzt. Außerdem wird eine Verschiebung der Frequenz der Strahlung hervorgerufen, die die Leuchtdioden (Strahlungsquellen 50 bis 54) abgeben. Dies kann verschiedenartig verwirklicht werden. Bei dem hier erläuterten Ausführungsbeispiel bewirkt das Öffnen eines der Schalter S1 bis S3, daß das Ausgangssignal eines Vergleichers 228 von niedrigem auf hohen Pegel übergeht. Dieses Signal wird dem Rücksetzeingang des Zählers 204 über das ODER-Glied 208 zugeführt, so daß der Zähler 204 rückgesetzt wird. Außerdem wird das Ausgangssignal des Vergleichers 228 einem Frequenzumta-

steingang des Teilers 222 über eine Leitung 229 zugeführt, so daß der Teiler 222 die Impulse des Trägeroszillators 220 mit dem anderen Faktor 13 teilt. Die Ausgangssignale des Teilers 222 haben dann eine Frequenz von ca. 138 kHz. Somit wird die Frequenz der Infrarotstrahlung der Leuchtdioden gegenüber der Frequenz beim Einschalten der Tastsonde 30 verändert. Dieser Frequenzsprung wird mit dem Fotodetektor 170 festgestellt und der Steuerung 12 ein entsprechendes Signal zugeführt, welches anzeigt, daß die Tastspitze 56 Kontakt mit einem Objekt, also normalerweise mit einer Werkstückfläche, hat. Die Steuerung 12, die die Position der Tastspitze 56 bei Empfang dieses Signals kennt, kann die Abmessungen des Werkstücks genau berechnen oder andere Nutzinformationen ableiten.

Die Steuerung 12 kann immer dann, wenn die Tastsonde 30 einen Frequenzsprung abgibt, die Tastsonde 30 zu anderen Werkstückflächen bewegen. Die Ablaufzeit des Zählers 204 ist so gewählt, daß sie länger als die Zeit ist, die zwischen aufeinanderfolgenden Tastspitzenkontakten liegt. Wenn der Sondenbetrieb beendet ist, kann die Steuerung 12 eine vorgegebene andere Bearbeitungsfolge einleiten. Es müssen keine weiteren Signale zum Abschalten der Tastsonde erzeugt werden, da die Batterien 80, 82 automatisch abgeschaltet werden, wenn der Zähler 204 abläuft. Sein Ausgang 210 erhält dann einen hohen Signalpegel, was schließlich zur Sperrung des Transistors Q10 führt. Die Batterien 80, 82 werden dann nur noch durch den Leckstrom der Halbleiter und durch den Fotostrom des Fotodetektors 48 belastet. Dieser Strom kann sehr gering sein und beträgt oft weniger als 300 Mikroampere. Somit werden die Batterien nur für die Zeit des Sondenbetriebs belastet. Vorzugsweise werden Halbleiterelemente in CMOS-Technologie verwendet, wodurch die Batteriebelastung weiter verringert wird.

Die Berührungsschaltung, wie sie vorstehend anhand der Fig. 3 erläutert wurde, kann alternativ zu der Blitzeinschaltung eingesetzt werden. Beide Verfahren dienen derselben Aufgabe, nämlich der Verlängerung der Batterielebensdauer. Der Aufbau der Tastsonde und ihrer Schaltung sind für beide Verfahren weitgehend gleich. Die Schaltung für die Berührungseinschaltung ist in Fig. 12 dargestellt. Sie ist derjenigen nach Fig. 11 ähnlich, so daß mit Fig. 11 übereinstimmende Bezugszeichen für gleiche Teile verwendet sind.

Ein Vergleich der beiden Figuren zeigt, daß der Hauptunterschied darin besteht, daß der Fotodetektor 48 und die Induktivität L10 fehlen und ein Widerstand R50 und ein Kondensator C50 statt dessen vorgesehen sind. Die Schaltung hat den weiteren Unterschied, daß sie eine Leitung 231 enthält, die von den Schaltern S1 bis S3 zu einem Schaltungsknoten N1 führt, mit dem der Eingang des invertierenden Verstärkers 200 über den Widerstand R18 verbunden ist. Der Transistor Q10 ist gesperrt, bis einer der Schalter S1 bis S3 öffnet, wenn die Tastspitze 56 die Referenzfläche 60 (Fig. 3) berührt. Die Schalter S1 bis S3 halten den Eingang des Verstärkers 200 auf Massepotential, solange sie geschlossen sind, d. h. solange die Tastspitze kein Objekt berührt. Wenn sie jedoch die Referenzfläche 60 berührt, so öffnet einer der Schalter S1 bis S3 und bewirkt ein Aufladen des Kondensators C50. Vorzugsweise sind die Widerstände R50 und R18 sowie der Kondensator C50 so bemessen, daß sich eine Zeitkonstante ergibt, die eine Zeitverzögerung bis zur Aufladung des Kondensators C50 auf eine Spannung bewirkt, die nach Invertieren mit dem Verstärker 200 zum Einschalten des

Transistors Q 10 ausreicht. Hierzu muß die Steuerung 12 die Tastspitze 56 für eine vorbestimmte Zeit an der Referenzfläche 60 halten, die beispielsweise eine Sekunde beträgt. Dadurch wird gewährleistet, daß zufälliges Anstoßen an die Tastspitze oder sonstige externe Einflüsse, wie elektrische Störsignale, keine fehlerhafte Betätigung der Tastsonde 30 bewirken.

Ist der Kondensator C 50 ausreichend aufgeladen, so wird der Transistor Q 10 eingeschaltet und verbindet die Batterien 80, 82 mit der Schaltung. Der Zähler 204 wird rückgesetzt und gibt sein Ausgangssignal über die Leitung 210 ab, so daß der Transistor Q 10 leitend gehalten wird. Der Teiler erzeugt in diesem Ausführungsbeispiel zunächst die niedrigere der beiden Frequenzen, da der Vergleichler 228 angesteuert wird, wenn die Tastspitze 56 die Referenzfläche 60 berührt. Die Spannung 12 kann jedoch so programmiert sein, daß dieses anfängliche Sondensignal so ausgewertet wird, daß die Tastsonde richtig eingeschaltet wurde und zur Prüfung eines Werkstücks bereitsteht.

Die Steuerung 12, die nun weiß, daß die Tastsonde 30 richtig arbeitet, setzt dann das Prüfverfahren für das Werkstück fort, wobei die Tastspitze 56 die verschiedenen Werkstückflächen berührt. Wird die Tastspitze 56 von der Referenzfläche 60 entfernt, so schließen die Schalter S 1 bis S 3 und bewirken, daß der Teiler 222 die Leuchtdioden 50 bis 54 mit der anderen Frequenz ansteuert. Sobald die Tastspitze 56 eine Werkstückfläche berührt, öffnet wieder einer der Schalter S 1 bis S 3, wodurch der Vergleichler 228 angesteuert wird. Dies bewirkt eine Rücksetzung des Zählers 204. Die Ansteuerung des Vergleichlers 228 führt auch zu einem Ausgangssignal über die Leitung 229 zum Teiler 222, wodurch in beschriebener Weise die Frequenzumtastung erfolgt. Dieses Verfahren setzt sich fort, bis das Prüfverfahren beendet ist, wonach dann die Batterien 80, 82 automatisch von der Schaltung durch Ablauf des Zählers 204 abgetrennt werden.

Abweichend von den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen sind zahlreiche Abänderungen und Weiterbildungen möglich. Beispielsweise kann die Blitzeinschaltung oder die Berührungseinschaltung auch bei anderen Tastsonden durchgeführt werden.

#### Patentansprüche

1. Tastsonde zum Einsatz in einem Bearbeitungszentrum, mit einem Gehäuse mit daran angebrachter Tastspitze, mit einem konischen mittleren Gehäuseteil, der zur Tastspitze hin konvergiert, mit einem zylindrischen Gehäuseteil, der sich an den mittleren Gehäuseteil anschließt und einen gegenüber diesem verringerten Querschnitt hat, und mit einer elektrischen Schaltung, die eine Werkstückberührung der Tastspitze angegebene Signale erzeugt und durch mindestens eine Batterie in dem zylindrischen Gehäuseteil gespeist wird, dadurch gekennzeichnet, daß an der konischen Außenseite des mittleren Gehäuseteils (70) mehrere mit der Schaltung (100) verbundene Infrarot-Strahlungsquellen (50, 52, 54) zur Abgabe von Infrarotsignalen zu einem von der Tastsonde getrennten Infrarotempfänger (40) angeordnet sind.
2. Tastsonde nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Schaltung (100) die Infrarot-Strahlungsquellen (50, 52, 54) mit einer vorgegebenen Frequenz zur Anzeige des ordnungsgemäßen Betriebszustandes der Tastsonde

(30) ansteuert und diese Frequenz ändert, wenn die Tastspitze (56) ein Objekt berührt.

3. Tastsonde nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch einen an einem Gehäuseteil 70 vorgesehenen Fotodetektor (48), der mit der elektrischen Schaltung (100) so verbunden ist, daß die Batterie (80, 82) bei Auslösung eines Ausgangssignals des Fotodetektors (48) mit der elektrischen Schaltung (100) verbunden werden kann.

4. Tastsonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine an einer Seite des mittleren Gehäuseteils (70) durch Verschrauben befestigte ringförmige Nase (130), in die eine Schaltereinheit (140) mit einem Vorsprung (142) lösbar eingesetzt ist, und durch eine elektrische Leitung (150) zur Verbindung der Schaltereinheit (140) mit der elektrischen Schaltung (100).

5. Tastsonde nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich mindestens eine Infrarot-Strahlungsquelle (50, 52, 54) an dem mittleren Gehäuseteil (70) über einen Umfangswinkel von weniger als 180° erstreckt.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen



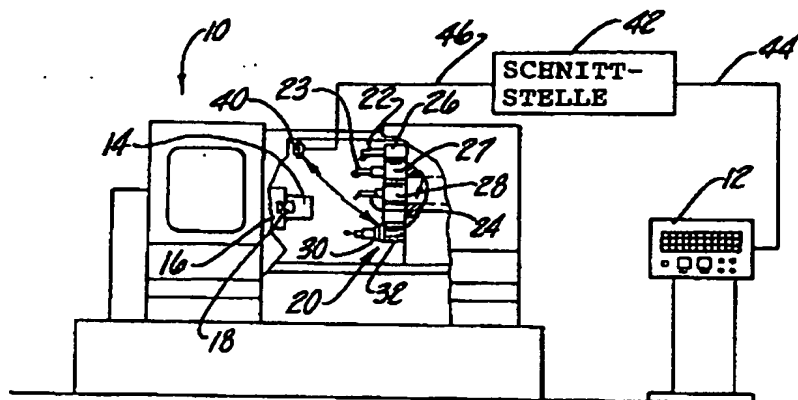


Fig-1

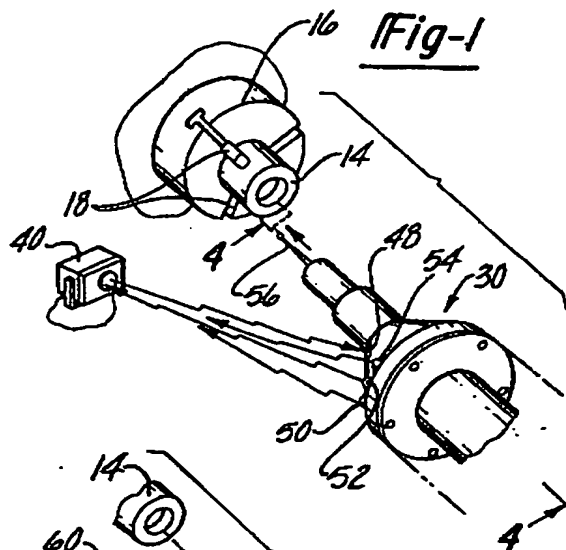


Fig-2

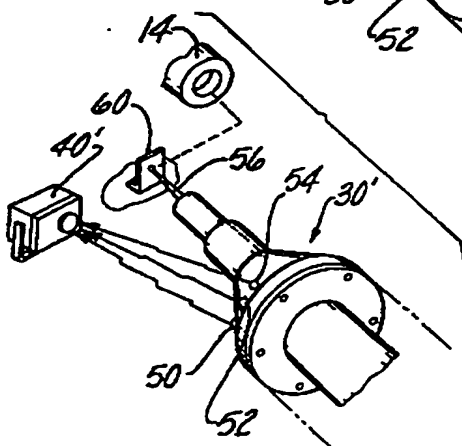


Fig-3

